



УДК 69.1418

Научная статья

https://doi.org/10.23947/2949-1835-2023-2-2-72-80



Основы обеспечения экологической безопасности строительных материалов на всех этапах их жизненного цикла

Е.П. Лысова , **Е.В. Котлярова** ✉

Донской государственный технический университет, Российская Федерация, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1

✉ ekkot.arch@gmail.com

Аннотация

Введение. Оценка экологической безопасности для осуществления выбора оптимальной технологии производства строительных материалов является весьма актуальной. В качестве научной проблемы выделена необходимость экологической оценки (оценки экологической безопасности) жизненного цикла любого строительного материала на всех его этапах — от приобретения сырья или изготовления продукции из природных ресурсов до утилизации изделий, при этом принципиальная схема жизненного цикла строительного материала дополнена авторами этапом транспортировки (сырья, готового изделия). В качестве объекта исследования выступал условный строительный материал, а целью исследования явилась экологическая оценка нагрузок каждого этапа жизненного цикла условного строительного материала на компоненты окружающей среды. Данная работа должна способствовать внедрению технологии производства экологически более безопасных строительных материалов.

Материалы и методы. Авторами была рассмотрена взаимосвязь между свойствами материалов и качеством среды с использованием методов сопоставительного и системного анализов, метода графов и квалиметрического метода.

Результаты исследования. В результате проведенных исследований проанализированы потенциальные воздействия условного строительного материала на окружающую среду на всех этапах жизненного цикла — от приобретения сырья, производства и использования продукции до переработки по окончании ее срока службы, рециклинга и заключительной утилизации (цикл «от колыбели до могилы»). Авторами предложено учитывать этапы транспортировки сырья и готовой продукции в жизненном цикле строительных материалов для выполнения более точной оценки их воздействия на окружающую среду. Таким путем можно учесть весь жизненный цикл и включить данные в решение экологических задач, в том числе сократить величину выбросов, сбросов и отходов, что будет способствовать сбережению ресурсов.

Обсуждение и заключения. Экологическая оценка жизненного цикла строительного материала прежде всего должна учитывать вклад его негативного воздействия в обострение глобальных экологических проблем, в том числе глобальное потепление, разрушение озона в стратосферном слое атмосферы, образование озона в тропосферном слое, окисление водных ресурсов и почв, эвтрофикация водоемов, истощение невозобновляемых источников энергии (нефть, газ, уголь). Проведенный авторами анализ позволяет сделать вывод о том, что существенные различия в степени негативного воздействия на компоненты окружающей среды условных строительных материалов наблюдаются на этапе их изготовления.

Ключевые слова: экологическая безопасность, жизненный цикл, градостроительная экология, современные строительные материалы, методы оценки жизненного цикла.

Для цитирования: Лысова Е.П., Котлярова Е.В. Основы обеспечения экологической безопасности строительных материалов на всех этапах их жизненного цикла. *Современные тенденции в строительстве, градостроительстве и планировке территорий*. 2023;2(2):72–80. https://doi.org/10.23947/2949-1835-2023-2-2-72-80

Original article

Fundamentals of Ensuring the Environmental Safety of Building Materials at all Stages of their Life Cycle

Ekaterina P Lysova, **Ekaterina V Kotlyarova** ✉

Don State Technical University, 1, Gagarin Sq., Rostov-on-Don, Russian Federation

✉ ekkot.arch@gmail.com

Abstract

Introduction. Environmental safety assessment for selecting the optimal technology of building materials manufacture is quite relevant. The necessity of environmental assessment (environmental safety assessment) of each life cycle stage of any building material (from the purchase of raw materials or the manufacture of products out of natural resources to the disposal of products) has been distinguished as a scientific problem for the present research, alongside, the authors have supplemented the schematic diagram of a building material life cycle with the transportation stage (of raw materials, finished products). The object of the study is a notional building material, and the purpose of the study is assessment of the stress imposed on the environment components by each life cycle stage of a notional building material. This work should foster implementation of more environmentally safe technology of building materials manufacture.

Materials and Methods. The authors examined the interrelation between the properties of materials and the quality of the environment using the methods of comparative and system analysis, the graph method and the qualimetric method.

Results. As a result of the conducted research, the potential impacts of a notional building material on the environment at all life cycle stages have been analysed — from purchase of raw materials, manufacture and use of products till their processing at the end of service life, recycling and final disposal (the cycle "from cradle to grave"). The authors proposed to take into account the stages of transportation of raw materials and finished products within the building materials life cycle to make a more accurate assessment of their impact on the environment. This approach allows taking into account the entire life cycle and applying the data to solving the environmental problems, such as reducing the amount of emissions, discharges and wastes, thus, fostering saving the resources.

Discussion and Conclusions. The environmental assessment of a building material life cycle, should, first of all, take into account the share of its negative impact in the aggravation of the global environmental problems, including global warming, ozone destruction in the stratospheric layer of the atmosphere, formation of ozone in the tropospheric layer, oxidation of water resources and soils, eutrophication of water bodies, depletion of non-renewable energy sources (oil, gas, coal). The carried out analysis allows the authors to conclude that significant differences in the degree of negative impact of the notional building materials on the environment components are observed at the stage of their manufacture.

Keywords: environmental safety, life cycle, urban ecology, modern building materials, life cycle assessment methods.

For citation. Lysova EP, Kotlyarova EV. Fundamentals of Ensuring the Environmental Safety of Building Materials at all Stages of their Life Cycle. *Modern Trends in Construction, Urban and Territorial Planning*. 2023;2(2):72–80. https://doi.org/10.23947/2949-1835-2023-2-2-72-80

Введение. В Российской Федерации строительство является одной из наиболее динамичных отраслей экономики и играет значительную роль в социальном и экономическом развитии страны. Объемы производства строительных материалов ежегодно возрастают. Увеличивается и глубина проблем, стоящих перед отраслью: рациональность и полнота использования природных ресурсов, подбор и применение оптимального сырья для получения экологически безопасных для человека и окружающей среды строительных материалов, разработка и внедрение экологически эффективных и энергетически экономичных технологий их производства и ряд других [9-12].

Особенно актуальной эта задача является с момента принятия Генеральной Ассамблеей ООН в 2015 году резолюции о преобразовании нашего мира, основным вопросом которой стало направление устойчивого развития на период до 2030 года. Как известно, основой этой повестки является перечень целей, направленных на достижение устойчивого развития в трех его взаимоувязанных компонентах — экологическом, экономическом и социальном [5, 6].

Один из постулатов Концепции устойчивого развития — нахождение баланса в удовлетворении потребностей настоящего и будущего поколения без ущерба для последнего — реализуется в том числе в стандартах серии ИСО 14000, помогающих решить задачи сокращения негативного воздействия на окружающую среду [13, 14]. Их применение при производстве позволяет выполнить экологическую оценку и рациональный выбор строительных материалов, обеспечивая экологическую безопасность окружающей человека среды. Для этого введено по-

нятие «жизненный цикл материала (продукции)» (ЖЦМ и ЖЦП соответственно), под которым понимают последовательные и взаимосвязанные этапы, начиная от приобретения сырья или изготовления продукции из природных ресурсов и до окончательной утилизации. При этом оценка жизненного цикла предполагает анализ нагрузки на окружающую среду материала и распространяется на экологические аспекты и потенциальные воздействия на окружающую среду (например, на использование ресурсов и экологические последствия сбросов и выбросов) на всех этапах жизненного цикла продукции от приобретения сырья, производства и использования продукции до переработки по окончании ее срока службы, рециклинга и заключительной утилизации (цикл «от колыбели до могилы» (a cradle-to-gate life cycle)) [4, 15]. Таким образом можно учесть весь жизненный цикл и включить данные в решение экологических задач, в том числе сократить величину выбросов, сбросов и отходов, что будет способствовать сбережению ресурсов.

Кроме того, не стоит забывать о набирающем обороты по всему миру принципу ESG-управления, а именно степени вовлечения того или иного производства в решение сопутствующих экологических, экономических и социальных проблем [6–8]. Известно, что в краткосрочной перспективе совокупность характеристик ESG это как раз инструмент реализации политики низкоуглеродного развития. Соответственно выбор более экологически безопасных строительных материалов может быть обоснован в производстве для сохранения конкурентоспособности предприятия на рынке строительных материалов и перспективной возможности привлечения иностранных инвестиций, ведь в настоящее время в инвестиционном мире все чаще выбирают именно «зеленые» производства [1–5]. Поддержкой этой тенденции со стороны внутреннего рынка является стратегия низкоуглеродного развития России до 2050 года, которая предусматривает значительное сокращение эмиссии парниковых газов с последующим выходом на углеродную нейтральность.

Материалы и методы. Логично анализировать строительные материалы и оценивать уровень их экологической безопасности не по принципу «здесь и сейчас», а по принципу «везде и всегда» [15]. Этот принцип предполагает оценку негативного влияния как самого материала, так и прямых негативных воздействий (образование вредных веществ и загрязнение ими воздушного бассейна при производстве, образование отходов и загрязнение ими почв, земель, поверхностных и подземных вод и т. п.) и косвенных (изъятие природных ресурсов с возможным последующим дефицитом или потерей сырья, а также дополнительные воздействия на окружающую среду в процессе транспортирования материалов, включая системное ухудшение ее качества и последствия для здоровья человека).

Чтобы обеспечить объективность по результатам выполненной оценки, нами была рассмотрена взаимосвязь между параметрами «свойства материалов» и «качество среды».

Экологическая оценка строительных материалов может быть выполнена по различным методическим подходам, основанным на стандарте ИСО 14000 (рис. 1), в каждом из которых обязательно должны быть проанализированы антропогенные нагрузки на окружающую среду согласно жизненного цикла строительного материала. При этом под эксплуатацией строительного материала нами принята его «жизнь» в объекте, включая соблюдение правил эксплуатации для поддержания его качества и совместимость с материалами, используемыми для продления периода его использования (ремонт, реставрация или реконструкция).

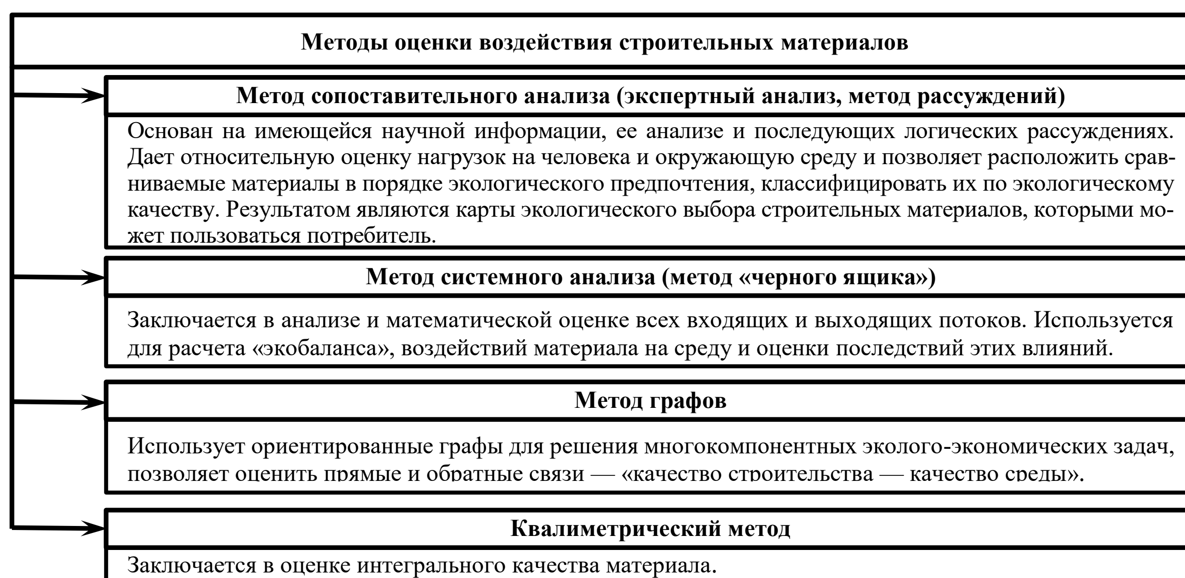


Рис. 1. Методы оценки воздействия строительных материалов на компоненты окружающей среды

По нашему мнению, этап транспортировки (добываемого сырья или готового строительного материала, а также отработанного для его повторного включения в технологический процесс) подлежит обязательному включению в жизненный цикл строительных материалов, т. к. также оказывает значимое негативное воздействие на окружающую среду. С целью сведения к минимуму негативного воздействия этапа транспортировки сырья на окружающую среду следует использовать то сырье, которое добывается в непосредственной близости к месту производства материала.

Результаты исследования. Научные исследования, которым посвящена данная статья, направлены, прежде всего, на достижение цели в области устойчивого развития ((ЦУР) Sustainable Development Goals (SDGs)) 12 для обеспечения перехода к рациональным моделям потребления и производства.

Мы считаем, что предлагаемый ниже подход будет способствовать более рациональному освоению и эффективному использованию природных ресурсов, экологически рациональному использованию отходов на протяжении жизненного цикла с целью уменьшения их попадания в воздушную среду, водные объекты и почву и минимизации негативного воздействия строительных материалов на здоровье людей и окружающую среду, а также способствовать уменьшению объема отходов путем их переработки и повторного использования.

Также решение поставленных вопросов будет способствовать достижению Цели устойчивого развития 11 в части обеспечения экологической устойчивости городов и населенных пунктов путем уменьшения негативного воздействия городов при повышении внимания к качеству атмосферного воздуха и утилизации различных классов отходов [1–4, 6].

В соответствии со стандартами серии ИСО 14000 оценка негативного воздействия этапов жизненного цикла материалов на компоненты окружающей среды должна в обязательном порядке включать их потенциальное участие в обострении глобальных экологических проблем (разрушение озонового слоя, изменение климата, выпадение кислотных дождей, смог, истощение природных ресурсов, в первую очередь, запасов нефти, угля и природного газа, истощение запасов пресной воды и загрязнение вод и т. п.).

Этапы принципиальной схемы экологической оценки нагрузок жизненного цикла строительных материалов представлены на рис. 2.



Рис. 2. Принципиальная схема жизненного цикла строительных материалов и нагрузок его этапов на компоненты окружающей среды

Экологическая оценка нагрузок этапов жизненного цикла условного строительного материала (рис. 3) проводилась нами с учетом следующих показателей:

– запасы и исчерпаемость в ближайшей и отдаленной перспективе сырьевых материалов и энергетических ресурсов, необходимых для производства строительного материала;

– повреждение экосистем, разрушение/изменение природных ландшафтов (преимущественно при добыче сырьевых материалов);

– объемы поступления загрязняющих веществ (твердых, жидких и газообразных) в окружающую среду при добыче сырьевых и производстве строительных материалов, степень их возможного негативного воздействия на здоровье человека и компоненты окружающей среды;

– объем потребляемой энергии на всех этапах жизненного цикла;

– объем образующихся отходов и возможность их вторичного использования.

Уточнение негативного воздействия на компоненты окружающей среды требует детального знания технологии производства, стадии которого удобно представить в виде балансовой схемы материальных потоков. Можно сказать, что от количества стадий технологического процесса зависит экологическая нагрузка.

Выбросы оксидов азота, углерода, диоксида серы учитываются в экологической оценке жизненного цикла в первую очередь, т. к. могут привести к обострению глобальных экологических проблем — потеплению (парниковый эффект), выпадению кислотных дождей.

Сравнительная экологическая оценка жизненных циклов различных строительных материалов может быть выполнена по методике, предложенной Князевой В.П. [16], с учетом всех этапов (рис. 3).

В методике используется метод балльной оценки, когда на всех этапах жизненного цикла материала его возможное негативное воздействие на окружающую среду оценивается по ряду «экофакторов»: нарушение экологического равновесия в экосистеме, нехватка природного ресурса, поступление загрязняющих веществ в атмосферу, потребление энергии, влияние на здоровье человека, образование отходов (и возможность извлечения из них вторичного сырья для последующей переработки).

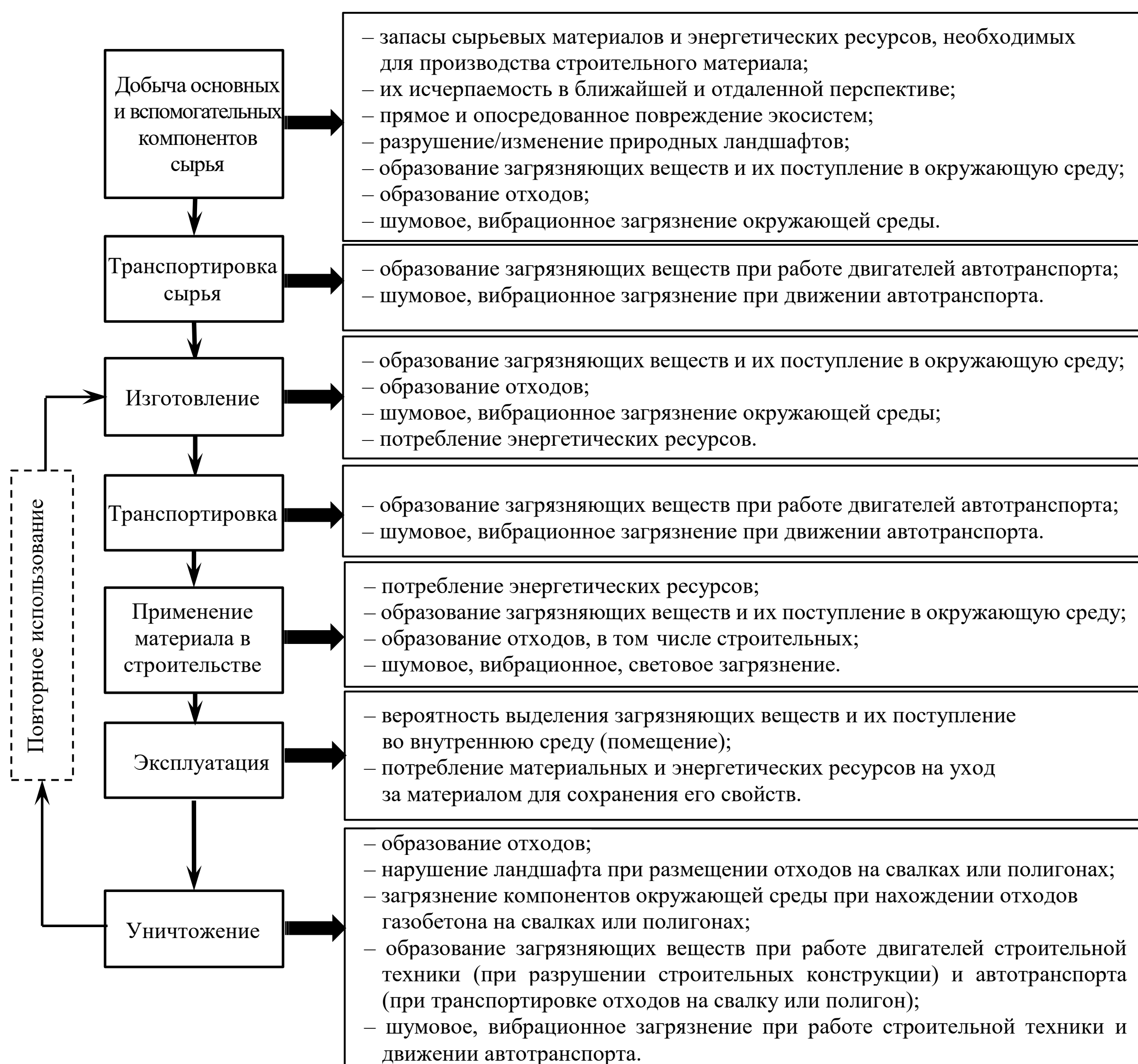


Рис. 3. Экологическая оценка нагрузок этапов жизненного цикла условного строительного материала

Перечисленные «экофакторы» являются показателями экологических свойств материала. Смысловые значения вышеперечисленных «экофакторов», заложенные автором методики, необходимые для оценки уровня их негативного влияния в баллах, представлены в таблице 1.

Таблица 1

Смысловые значения «экофакторов» в рамках ИСО 14000 по [16]

Наименование «экофактора»	Характеристика «экофактора»
Нарушение экологического равновесия в экосистеме	Изменения состава экосистемы, как компонентного, так и энергетического, а также временной промежуток, необходимый для восстановления исходных ее свойств, характеризуют степень нарушения экологического равновесия в ней.
Нехватка природного ресурса	Запас природных ресурсов, которые используются постоянно, с возрастающей интенсивностью, часто нерационально и расточительно, исчерпаем и конечен. Скорость изъятия природных ресурсов существенно превышает скорость их восстановления.
Поступление загрязняющих веществ в атмосферу	Поступление загрязняющих веществ в атмосферу следует учитывать на этапах добычи и транспортировки сырья, его хранения, производства и транспортировки материала, а также его использования. Загрязняющие вещества, поступление которых в атмосферу усугубляет глобальные экологические проблемы (разрушение озонового слоя, глобальное потепление, выпадение кислотных дождей), относят к категории высокоопасных. Это парниковые газы (диоксид углерода, оксид азота, метан, хлорфторуглероды и т.п.), а также диоксид серы и азота. Загрязняющие вещества, поступающие в атмосферу при авариях и катастрофах природного и техногенного характера (например, аварии при производстве нефти, пожары и т. п.), относят к категории чрезвычайно опасных. Даже в случае минимальной вероятности аварии или катастрофы этот «экофактор» характеризуется наибольшим негативным воздействием и требует отказа от изготовления материала.
Потребление энергии	Учитывается не только само количество энергии, которое было затрачено для добычи сырья, его транспортировки и производства из него материала, но и количество органических видов топлива, затраченное для производства этой энергии, а также возможное поступление высокоопасных и чрезвычайно опасных загрязняющих веществ в атмосферу при сжигании этого топлива.
Влияние на здоровье человека	Влияние материала на здоровье человека оценивается на каждом этапе его жизненного цикла (добыча основных и вспомогательных компонентов сырья, его транспортировка, изготовление, транспортировка и использование материала в строительстве, эксплуатация, уничтожение). Основными оценочными критериями прямой опасности материала для человека являются: – санитарно-гигиенические свойства (наличие в материале вредных для здоровья веществ, класс их опасности, наличие антистатических и бактериостатических свойств; наличие запаха, диффузионная активность); – радиационная опасность (класс безопасности материала по содержанию естественных радионуклидов); – пожарная опасность (горючесть, воспламеняемость, распространение пламени, дымообразующая способность и токсичность).
Образование отходов	Образование отходов и их негативное воздействие на окружающую среду может происходить на каждом этапе жизненного цикла материала. Показатель учитывает также возможность вторичного использования компонентов отходов.

Степень негативного воздействия на состояние окружающей среды каждого «экофактора» в жизненном цикле материала целесообразно оценивать в баллах (таблица 2) [16].

Таблица 2

Балльная оценка «экофакторов» в жизненном цикле материала

Степень негативного воздействия «экофактора» на состояние окружающей среды	Оценка, баллы
Наибольшее негативное воздействие	3
Существенное негативное воздействие	2
Наименьшее негативное воздействие	1
Негативное воздействие отсутствует	0

При сумме баллов от 0 до 9 экологическую нагрузку материала на окружающую среду на всех этапах жизненного цикла считают низкой, от 7 до 12 — средней (приемлемой), от 13 до 18 — высокой [16].

Обсуждение и заключения. Проведенные исследования позволили сделать следующие выводы:

1) различные виды строительных материалов целесообразно сравнивать между собой с помощью экологической оценки всех этапов их жизненных циклов и представлять в сводной таблице;

2) изготовление любого материала невозможно без затрат ресурсов, как материальных, так и энергетических, следовательно, «экологически чистых» материалов не существует;

3) рассмотрение возможных негативных воздействий на человека и окружающую среду на всех этапах жизненного цикла строительного материала позволяет выделить наиболее «грязный» этап (этапы) и оценить возможность снижения этого воздействия, а также срок устранения повреждений, нанесенных окружающей среде при его использовании;

4) в случае, если производимый материал характеризуется значительным негативным воздействием на окружающую среду (13–18 баллов), от его производства целесообразно отказаться. Такое решение будет способствовать внедрению технологий производства материалов, обладающих большей экологичностью и безопасностью для человека и окружающей среды.

По нашему мнению, введение в жизненный цикл этапа транспортировки сырья и готовой продукции позволит более точно оценить негативное воздействие строительных материалов на компоненты окружающей среды.

Список литературы

1. Bespalov V., Kotlyarova E. Assessment of the level of impact and degree of environmental safety of industrial facilities in the urban environment. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. 2018;177:012036. https://doi.org/10.1088/1755-1315/177/1/012036

2. Bespalov V., Kotlyarova E. Methodological bases for assessing the level of environmental safety of dynamically developing urbanized territories. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. 2020;1001:012101. https://doi.org/10.1088/1757-899X/1001/1/012101

3. Halding P.S. Reduction of the Carbon Footprint of Precast Columns by Combining Normal and Light Aggregate Concrete. *Buildings.* 2022;12(2):215. https://doi.org/10.3390/buildings12020215

4. Colangelo F., Forcina A., Farina I. et al. Life Cycle Assessment (LCA) of Different Kinds of Concrete Containing Waste for Sustainable Construction. *Buildings.* 2018;8(5):70. https://doi.org/10.3390/buildings8050070

5. Bovea M.D., Powell J.C. Developments in life cycle assessment applied to evaluate the environmental performance of construction and demolition wastes. *Waste Management.* 2016;50:151–172. https://doi.org/10.1016/j.wasman.2016.01.036

6. Ensign P.C. Business Models and Sustainable Development Goals. *Sustainability.* 2022;14:2558. https://doi.org/10.3390/su14052558

7. Daugaard D., Ding A. Global Drivers for ESG Performance: The Body of Knowledge. *Sustainability.* 2022;14(4):2322. https://doi.org/10.3390/su14042322

8. Verstina N., Solopova N., Taskaeva N. et al. New Approach to Assessing the Energy Efficiency of Industrial Facilities. *Buildings.* 2022;12(2):191. https://doi.org/10.3390/buildings12020191

9. Reyes-Quijije M., Rocha-Tamayo A., García-Troncoso N. et al. Preparation, Characterization, and Life Cycle Assessment of Aerated Concrete Blocks: A Case Study in Guayaquil City, Ecuador. *Applied Science.* 2022;12(4):1913. https://doi.org/10.3390/app12041913

10. Pushkar S., Yezioro A. Life Cycle Assessment Meeting Energy Standard Performance: An Office Building Case Study. *Buildings.* 2022;12(2):157. https://doi.org/10.3390/buildings12020157

11. Ferretti D., Michelini E. The Effect of Density on the Delicate Balance between Structural Requirements and Environmental Issues for AAC Blocks: An Experimental Investigation. *Sustainability.* 2021;13(23):13186. https://doi.org/10.3390/su132313186

12. Yang Q., Kong L., Tong H. et al. Evaluation Model of Environmental Impacts of Insulation Building Envelopes. *Sustainability.* 2020;12(6):2258. https://doi.org/10.3390/su12062258

13. Chen P.-K., Lujan-Blanco I., Fortuny-Santos J. et al. Manufacturing and Environmental Sustainability: The Effects of Employee Involvement, Stakeholder Pressure and ISO 14001. *Sustainability.* 2020;12(18):7258. https://doi.org/10.3390/su12187258

14. Ociepa-Kubicka A., Deska I., Ociepa E. Organizations towards the Evaluation of Environmental Management Tools ISO 14001 and EMAS. *Energies.* 2021;14(16):4870. https://doi.org/10.3390/en14164870

15. Kisku N., Joshi H., Ansari M. et al. A critical review and assessment for usage of recycled aggregate as sustainable construction material. *Construction and Building Materials.* 2017;131:721–740. https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2016.11.029

16. Князева В.П. *Экологические аспекты выбора материалов в архитектурном проектировании.* Москва: Архитектура-С; 2006. 296 с. URL: http://books.totalarch.com/ecological_aspects_of_the_choice_of_materials_in_architectural_

References

1. Bespalov V, Kotlyarova E. Assessment of the level of impact and degree of environmental safety of industrial facilities in the urban environment. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. 2018;177:012036. https://doi.org/10.1088/1755-1315/177/1/012036

2. Bespalov V, Kotlyarova E. Methodological bases for assessing the level of environmental safety of dynamically developing urbanized territories. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. 2020;1001:012101. https://doi.org/10.1088/1757-899X/1001/1/012101

3. Halding PS. Reduction of the Carbon Footprint of Precast Columns by Combining Normal and Light Aggregate Concrete. *Buildings.* 2022;12(2):215. https://doi.org/10.3390/buildings12020215

4. Colangelo F, Forcina A, Farina I. et al. Life Cycle Assessment (LCA) of Different Kinds of Concrete Containing Waste for Sustainable Construction. *Buildings.* 2018;8(5):70. https://doi.org/10.3390/buildings8050070

5. Bovea MD, Powell JC. Developments in life cycle assessment applied to evaluate the environmental performance of construction and demolition wastes. *Waste Management.* 2016;50:151–172. https://doi.org/10.1016/j.wasman.2016.01.036

6. Ensign PC. Business Models and Sustainable Development Goals. *Sustainability.* 2022;14:2558. https://doi.org/10.3390/su14052558

7. Daugaard D, Ding A. Global Drivers for ESG Performance: The Body of Knowledge. *Sustainability.* 2022;14(4):2322. https://doi.org/10.3390/su14042322

8. Verstina N, Solopova N, Taskaeva N. et al. New Approach to Assessing the Energy Efficiency of Industrial Facilities. *Buildings.* 2022;12(2):191. https://doi.org/10.3390/buildings12020191

9. Reyes-Quijije M, Rocha-Tamayo A, García-Troncoso N. et al. Preparation, Characterization, and Life Cycle Assessment of Aerated Concrete Blocks: A Case Study in Guayaquil City, Ecuador. *Applied Science.* 2022;12(4):1913. https://doi.org/10.3390/app12041913

10. Pushkar S, Yezioro A. Life Cycle Assessment Meeting Energy Standard Performance: An Office Building Case Study. *Buildings.* 2022;12(2):157. https://doi.org/10.3390/buildings12020157

11. Ferretti D, Michelini E. The Effect of Density on the Delicate Balance between Structural Requirements and Environmental Issues for AAC Blocks: An Experimental Investigation. *Sustainability.* 2021;13(23):13186. https://doi.org/10.3390/su132313186

12. Yang Q, Kong L, Tong H. et al. Evaluation Model of Environmental Impacts of Insulation Building Envelopes. *Sustainability.* 2020;12(6):2258. https://doi.org/10.3390/su12062258

13. Chen P-K, Lujan-Blanco I, Fortuny-Santos J. et al. Manufacturing and Environmental Sustainability: The Effects of Employee Involvement, Stakeholder Pressure and ISO 14001. *Sustainability.* 2020;12(18):7258. https://doi.org/10.3390/su12187258

14. Ociepa-Kubicka A, Deska I, Ociepa E. Organizations towards the Evaluation of Environmental Management Tools ISO 14001 and EMAS. *Energies.* 2021;14(16):4870. https://doi.org/10.3390/en14164870

15. Kisku N, Joshi H, Ansari M. et al. A critical review and assessment for usage of recycled aggregate as sustainable construction material. *Construction and Building Materials.* 2017;131:721–740. https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2016.11.029

16. Knyazeva VP. Ekologicheskie aspekty vybora materialov v arhitekturnom proektirovanii. Moscow: Arhitektura-S Publ.; 2006. 296 p. Available at: http://books.totalarch.com/ecological_aspects_of_the_choice_of_materials_in_architectural

Об авторах:

Лысова Екатерина Петровна, доцент кафедры «Инженерная защита окружающей среды» Донского государственного технического университета (344003, РФ, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1), кандидат технических наук, ScopusID, ORCID, katerina.lysova0803@gmail.com

Котлярова Екатерина Владимировна, доцент кафедры «Инженерная защита окружающей среды» Донского государственного технического университета (344003, РФ, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1), кандидат экономических наук, ORCID, ekkot.arch@gmail.com

Заявленный вклад соавторов:

Е.П. Лысова — формирование целей и задач исследования, анализ результатов исследований, графическое оформление; Е.В. Котлярова — формирование основной концепции, доработка текста, корректировка выводов.

Поступила в редакцию 20.03.2023.
Поступила после рецензирования 14.04.2023.
Принята к публикации 17.04.2023.

Конфликт интересов
Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Автор прочитал и одобрил окончательный вариант рукописи.

About the Authors:
Ekaterina P Lysova, associate professor of the Environmental Engineering Department, Don State Technical University (1, Gagarin Sq., Rostov-on-Don, 344003, RF), Cand. Sc. (Engineering), ScopusID, ORCID, katerina.lysova0803@gmail.com
Ekaterina V Kotlyarova, associate professor of the Environmental Engineering Department, Don State Technical University (1, Gagarin Sq., Rostov-on-Don, 344003, RF), Cand. Sc. (Economics), ORCID, ekkot.arch@gmail.com

Claimed contributorship:
EP Lysova — formulating the aims and objectives of the research, research results' analysis, graphical presentation; EV Kotlyarova — formulating the main concept, revision of the text, correction of the conclusions.

Received 20.03.2023.
Revised 14.04.2023.
Accepted 17.04.2023.

Conflict of interest statement
The authors do not have any conflict of interest.

All authors have read and approved the final manuscript.